

525, 886

ANALYST: GEMITO 24 APR 2005

(12)特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有權機關  
國際事務局



(43) 国際公開日  
2004年4月15日(15.04.2004)

PCT

(10) 国際公開番号  
WO 2004/032310 A1

(51) 國際特許分類<sup>7</sup>: H02K 15/03, 1/27, H01F 7/02, 13/00

(74) 代理人: 坂上 正明 (SAKANOUE,Masaaki); 〒261-8507  
千葉県 千葉市 美浜区 中瀬 1丁目 8番地 セイコーア  
ンスツルメンツ株式会社内 Chiba (JP).

(81) 指定国(国内): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB,  
BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK,

(22) 國際出願日: 2003年9月29日 (29.09.2003)

BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): セイコー

(84) 指定国(広域): ARIPO 特許(GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア特許(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ特許(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI 特許(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

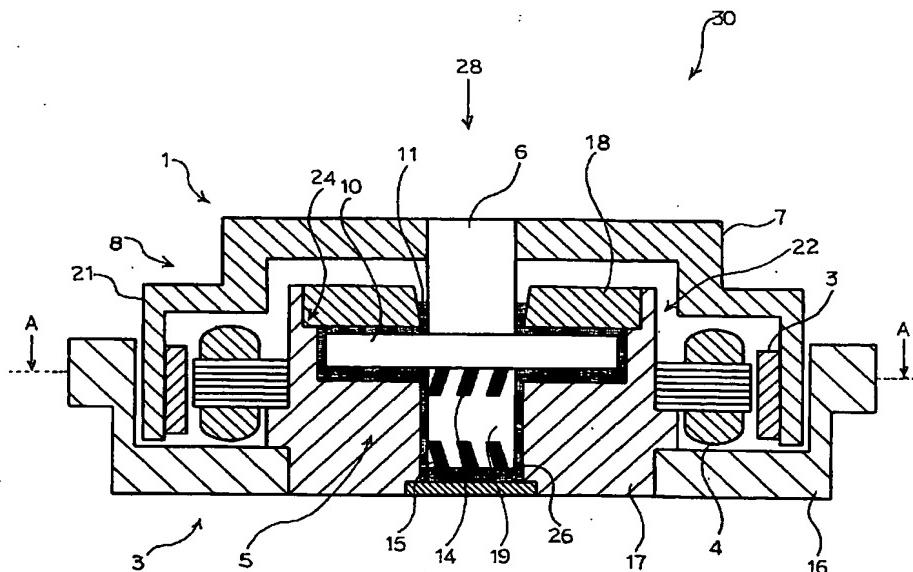
(71) 出願人(米国を除く全ての指定国について): セイコーアイヌツルメンツ株式会社 (SEIKO INSTRUMENTS INC.) [JP/JP]; 〒261-8507 千葉県 千葉市 美浜区中瀬1丁目8番地 Chiba (JP).

添付公開書類:  
一 國際調查報告書

2 文字コード及び他の略語については、定期発行される各PCT gazetteの巻頭に掲載されている「コードと略語のガイダンスノート」を参照。

**(54) Title: PERMANENT MAGNET FOR MOTOR, MOTOR AND MAGNETIZING METHOD**

(54) 発明の名称: モータ装置用永久磁石、モータ装置、及び着磁方法



of phases of an AC current for driving the motor is M.

**(57) Abstract:** A tubular permanent magnet which is used in a micro DC brushless motor used in a miniature hard disc, and employs an Sm-Co based magnetic material. The permanent magnet has radially magnetized domains formed in the circumferential direction at a constant interval, wherein the inside diameter D of the permanent magnet is set at 20 [mm] or less, and the radial thickness t of the permanent magnet is set to satisfy a relation  $t \leq \pi D / (NM - \pi)$ , assuming the average of the inner circumferential length and the outer circumferential length included in one domain is a pitch P, the number of domains is N, and the number

〔綱葉有〕



## (57) 要約:

小型ハードディスクなどに用いる超小型DCブラシレスモータに用いられる円筒状の永久磁石に関して、磁性材料としてSm-Co系磁性材料を用い、前記永久磁石は、ラジアル方向に磁化された区分が円周方向に等間隔に形成されており、1つの前記区分に含まれる内周の長さと外周の長さの平均をピッチP、前記永久磁石の内径をD、径方向の肉厚をt、前記区分の数をN、前記モータを駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [mm] 以下で、前記tが $t \leq \pi D / (NM - \pi)$ となるように設定されている。

## 明細書

## モータ装置用永久磁石、モータ装置、及び着磁方法

## 5 技術分野

本発明はモータ装置などに関し、例えば、ロータに永久磁石を備えたものに関する。

## 背景技術

10 近年、コンピュータが急速に普及してきている。これらコンピュータの記憶装置には、例えば、ハードディスク、光磁気ディスクなどのディスク状の記憶媒体が多用されている。これら、記憶媒体は、ディスクドライブに設けられた小型のモータにより高速回転され、データの読み書きが行われる。

15 これらディスクドライブ装置に用いられるモータは、ステータコイルで回転磁界を発生させ、これをロータに配設した永久磁石に作用させて回転するようになっている。

20 永久磁石は、ラジアル方向（径方向）に磁化されており、円周方向に沿って所定のピッチにて極性が逆になるようになっている。即ち、内周面、あるいは外周面に沿ってN極とS極が等間隔で現れるようになっている。同一ピッチ内では極性はそろっており、この極性が单一な区間の数を極数という。

25 現在最も多用されているのは、3相交流によりステータコイルを励磁し、12極の永久磁石を回転させるものである。また、永久磁石の大きさは、外径が25 [mm] 程度のものが主流である。

これら永久磁石は、永久磁石の内周面あるいは外周面に設置した着磁

ヘッドが発生する大きな磁界によって着磁される。

着磁ヘッドの内部には導線が配設されており、パルス状の直流電流(数万 [A])が流せるようになっている。

5 アウターロータ型モータ用の永久磁石の場合は、永久磁石の内周部に着磁ヘッドを配設して着磁する。これは、アウターロータ型のモータでは、永久磁石の内周面に面してステータコイルが配設されるため、永久磁石の内周面の分極性(N極とS極の境目が明確なこと)が良いことが必要とされるためである。即ち、着磁ヘッドと、永久磁石の内周面が対面する位置となるため、永久磁石の内周面の分極性が良くなる。

10 逆に、インナーロータ型モータの永久磁石の場合は、ステータコイルが永久磁石の外周面に面して配設されるため、永久磁石の外周部に着磁ヘッドを配設して着磁を行う。

そして、これら永久磁石としては、希土類磁石が多用されており、希土類磁石の中でも等方性の磁性材料であるNd-Fe-B系の材料を用いたボンド磁石が圧倒的に多く使用されている。

等方性とは、磁性材料の磁気の方向がランダムであり、一方向にそろっていないことを言い、これを着磁することにより磁石が得られる。

また、ボンド磁石とは、磁性材料を成形しやすくするために磁性材料に樹脂を混ぜたものである。

20 また、最近では特開2000-195714号公報に記載されているように、Sm-Fe-N系ボンド磁石も使われ始めている。

そして、これらSm-Fe-N系ボンド磁石の異方性を用いて多極化を試みたり、特開2001-54262号公報に記載されているように、Nd-Fe-B系ボンド磁石の欠点であるさびの生じにくいSm-Fe-N系ボンド磁石を作成したりなど様々な試みが行われている。

ここで異方性とは、磁性材料を構成する組織内で磁気の方向が一方向

にそろっていることを言い、予め磁気の方向を揃えておき、これを着磁すると、等方性の磁性材料を着磁したものよりも強力な磁石を得ることができることである。

最近では、ハードディスクがデジタル式カメラやカーナビゲーション装置、情報家電装置など、コンピュータ以外の分野でも用いられるようになってきている。これに伴い、通常使用されている 2.5 [inch] 以下の記憶装置のメモリディスク駆動用の小型モータが普及し始めている。

デジタルカメラなどの携帯用機器や情報家電にこれら小型のハードディスクが利用されるようになってくると、これらに使用されるモータにはより小型化、省エネ化、高トルク化が要求される。

モータが小型化すると、これに用いる永久磁石も小型化する。そして、永久磁石が小型化すると、これを着磁するための着磁ヘッドも小型化する必要がある。

着磁ヘッドを小型化すると、これに使用する導線も細くなり、又着磁ヘッドの電気的絶縁耐圧の関係もあって、着磁ヘッドに供給できる直流電流も小さくなる。そのため、永久磁石を必ずしもフル着磁（磁気飽和させること）できず、磁性材料が本来持っている能力を充分に引き出すことができないという問題があった。

そこで、本発明の目的は、小型で性能が良好なモータ装置用永久磁石、モータ装置、及び着磁方法を提供することである。

### 発明の開示

本発明は、前記目的を達成するために、モータ装置のロータに配設される円筒状のモータ用永久磁石であって、前記永久磁石は、ラジアル方向に磁化された区分が円周方向に等間隔に形成されており、前記永久磁

石の内径をD、径方向の肉厚をt、前記区分の数をN、前記モータを駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [mm] 以下で、前記tが $t \leq \pi D / (NM - \pi)$ となるように設定されていることを特徴とするモータ装置用永久磁石を提供する。

5 また、前記モータ装置用永久磁石がSm-Co系の磁性材料で構成されていることを特徴とする請求項1に記載のモータ装置用永久磁石を提供する。

また、本発明は、前記目的を達成するために、全周に渡って円筒状の永久磁石が配設された回転対称体と、前記回転対称体の軸線上に配設された回転軸と、を備えたロータ部と、前記永久磁石の内周又は外周に、前記永久磁石と対向して、M相交流により励磁可能な複数のステータコイルが配設されたステータ部と、前記回転軸を前記ステータ部に、前記回転対称体と前記ステータコイルが同心となるように回転自在に軸支する軸受部と、を具備したモータ装置であって、前記永久磁石は、ラジアル方向に磁化された区分が円周方向に等間隔に形成されており、前記永久磁石の内径をD、径方向の肉厚をt、前記区分の数をN、前記モータを駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [mm] 以下で、前記tが $t \leq \pi D / (NM - \pi)$ となるように設定されていることを特徴とするモータ装置を提供する。

20 また、本発明は、前記永久磁石がSm-Co系の磁性材料で構成されていることを特徴とする請求項3に記載のモータ装置を提供する。

更に、本発明は、前記目的を達成するために、モータ装置のロータに配設される円筒状の永久磁石を、ラジアル方向に磁化された区分が円周方向に等間隔に形成されるように着磁する着磁方法であり、前記永久磁石は、前記永久磁石の内径をD、径方向の肉厚をt、極数をN、前記モータ装置を駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [m

## 5

m] 以下で、前記  $t$  が  $t \leq \pi D / (NM - \pi)$  となるように構成されており、前記永久磁石をラジアル方向の一方向に着磁する一方向着磁ステップと、前記一方向着磁ステップで一方向に着磁した永久磁石を、ラジアル方向に等間隔で磁化の方向が反転する区分に着磁する極着磁ステップと、から構成されたことを特徴とする着磁方法を提供する。

また、本発明は、前記永久磁石が Sm-Co 系の磁性材料で構成されていることを特徴とする請求項 5 に記載の着磁方法を提供する。

## 図面の簡単な説明

10 図 1 は、本実施の形態のモータの一実施形態を示す軸線方向断面図である。

図 2 は、回転軸フランジや他端部に形成された動圧力発生溝を示した図である。

図 3 は、モータの断面 A-A の概略を示した図である。

15 図 4 は、永久磁石の外形及び磁極を示した図である。

図 5 は、ステータコアと、永久磁石を軸方向に見たところを示した模式図である。

図 6 は、永久磁石の極数、スロット数、交流の相数の組み合わせの一例を表した一覧表である。

20 図 7 は、等方性の磁性材料と異方性の磁性材料の違いを説明するための図である。

図 8 は、永久磁石を磁場配向装置の軸線方向断面を模式的に表した図である。

図 9 は、着磁ヘッドを示した図である。

25 図 10 は、永久磁石の加工による残留磁束密度の低下を推定したグラフである。

## 6

図11は、永久磁石の加工によるエネルギー積の低下を推定したグラフである。

図12は、永久磁石の温度による減磁率をプロットしたグラフである。

## 5 発明を実施するための最良の形態

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。

### (1) 実施形態の概要

モータが小型になると、これに使用する永久磁石（円筒形状を有し、ロータに配設される）も小型化する。すると、これを着磁する着磁ヘッドも小型化し、着磁時に大電流を流すことが困難となる。そのため、着磁時に着磁ヘッドに供給する電流（以下、着磁電流）を抑制する結果、永久磁石を着磁力の限度いっぱいまで着磁すること（フル着磁）が困難となり、十分に磁性材料の能力を引き出すことが困難であった。

特にアウターロータ型のモータの場合、円筒形の磁性材料の内側から着磁するために着磁電流を導通する着磁ヘッドを円筒形状の内側に配置しなければならない。しかも、永久磁石の多極化が試みられるようになっており、着磁ヘッド内に太い導線を多く巻装する必要が増してきた。そのため、小型になる程、導線が細くなり、また、導線間の間隔も小さくなり、着磁電流の制限が厳しくなる。

そこで、本実施の形態では、着磁電流が小さくても着磁前の永久磁石をフル着磁できるように永久磁石のラジアル方向の肉厚を薄くした。

また、一般に、永久磁石の肉厚を薄くすると、外部からの磁界などにより減磁し易くなるが、これを抑制するために、磁性材料として、ラジアル方向の肉厚が薄くても多くの磁束量を発生でき、かつ保磁力が大きいSm-Co（サマリウムコバルト）系磁性材料を採用した。Sm-Co系磁性材料は、ピンニングという効果によって、機械加工減磁（機械

加工などの外部からの力が原因で磁力が弱まること) や高温減磁(温度が高いことにより減磁すること)が生じにくいという利点がある。

更に、Sm-Co系磁性材料は異方性を持ったものがあり、これを磁場配向によって磁性材料全体の磁気の軸をそろえた後、着磁を行うことにより、肉厚が薄くても多くの磁束量を発生させることができるという利点もある。

加えて、従来は、Sm-Co系磁性材料は、優れた磁気特性を持つにも関わらず、高価であるためモータ用の永久磁石としてはあまり利用されていなかったが、本実施の形態は、小型モータであるため、使用する磁性材料が少量で済み、コスト的にも十分にSm-Co系磁性材料を用いることができる。

## (2) 実施形態の詳細

以下、本発明の好適な実施の形態について詳細に説明する。

図1は、本実施の形態のモータの一実施形態を示す軸線方向断面図である。

モータ30は、例えばハードディスクドライブや光磁気ディスクドライブなどに使用されるアウタロータ型の超小型動圧モータである。モータ30は3相交流によって駆動されるDCブラシレスモータである。

また、モータ30は、外径が最大25[m m]程度であり、厚さが最大5[m m]程度の超小型モータである。

モータ30は、ロータ部1とこれを支持するステータ部2などから構成されている。

ステータ部2はオイル11を満たした空洞部を備えている。そして、この空洞部にロータ部1の動圧力発生機構を備えた部分(回転軸フランジ10、他端部19)が収納されており、動圧軸受部5が構成されている。

動圧軸受部 5 によって、ロータ部 1 は回転時に、ステータ部 2 に軸支される。

ロータ部 1 は、回転軸（シャフト） 6、ロータ 7 などから構成されている。

5 ロータ 7 は、段部 8 を有した凸型の円板形状を有している。そして、ロータ 7 の外周部には円筒状のロータフレーム 21 が形成されている。

これにより、ロータ 7 の内部には、動圧軸受部 5 とステータコイル 4 を収納するための凹型の空間が形成されている。

更に、ラジアル方向中央部には、回転軸 6 を挿着するための貫通孔が  
10 回転軸方向に形成されている。

段部 8 は、ハードディスクなどの円板型記憶媒体の中心に形成された取付穴に合致して、これを位置決めして固定する。

このようにしてロータ部 1 とハードディスクなどは一体となって回転することができる。

15 ロータフレーム 21 の内周面には、円筒形状に形成された 12 極の永久磁石 3 が同心円上に接着されており、ステータ部 2 に配設されたステータコイル 4 が発生する回転磁界によってロータ 7 に回転力が生じるようになっている。

回転軸 6 の上端部はロータ 7 の貫通孔に挿着されている。回転軸 6 の軸線方向中央部付近には、スラスト方向の動圧力を発生する回転軸フランジ 10 が全周に渡って設けられている。

回転軸フランジ 10 と回転軸 6 は、回転軸フランジ 10 のラジアル方向中央に貫通孔を形成し、この貫通孔に回転軸 6 を挿入して固定するようにも良いし、又は、回転軸 6 と回転軸フランジ 10 を一体加工しても良い。

回転軸 6 の一端（ロータ 7 が取り付けられていない方）には、ラジア

ル方向の動圧力を発生する他端部 19 が形成されている。

他端部 19 は、回転軸 6 を回転軸フランジ 10 に貫通させて形成しても良いし、又は別体として回転軸フランジ 10 の下端面に形成しても良い。

- 5 また、回転フランジ 10、回転軸 6、他端部 19 を一体加工してもよい。

なお、回転軸フランジ 10 の形状は、例えば断面が菱形、台形など様々な形状のものを用いることができる。

- ステータ部 2 はステータフレーム 16、ベース 17、アッパープレート 18、ステータコイル 4 などから構成されている。

アッパープレート 18 は、ラジアル方向中央部に回転軸 6 を遊撃するための貫通孔を有した円板状の部材である。

アッパープレート 18 のオイル 11 に接する側の端面は、回転軸フランジ 10 が発生する動圧力を受ける対向面を構成している。

- 15 アッパープレート 18 のラジアル方向中央部に形成された貫通孔は、オイル 11 が蓄えられている方向へ向かって径が小さくなるようにテーパ状に形成されており、オイル 11 の遺漏を防ぐキャピラリーシールを構成している。

- 20 このように、オイル 11 が蓄えられている方向へ向かって径が小さくなるように貫通孔を形成すると、貫通孔と回転軸 6 によってオイル 11 に作用する毛細管現象と表面張力により、オイルの漏出を防ぐことができる。

- 25 ベース 17 には、他端部 19 を収納するための遊撃孔 26、回転軸フランジ 10 の外周面に対向する円筒面を構成するスリープ 22、スリープ 22 の上端部に形成され、アッパープレート 18 を嵌合するための段部 24 が一体形成されている。

これら遊撃孔26、スリープ22、段部24は、同心状に形成されている。

遊撃孔26の内径は、他端部19の外径よりも大きく設定されており、他端部19を遊撃孔26に遊撃した場合、オイル11によって動圧力が5発生するように適当な間隙が生じるようになっている。

また、他端部19の下端と遊撃孔26の底部に適当な空間が生成されるようになっている。この空間はオイル11を溜めておくオイル溜まりが形成されている。

スリープ22の内径は、回転軸フランジ10の外径よりも大きく設定10されており、回転軸フランジ10の外周面とスリープ22の内周面の間の空間がオイル溜まりとなっている。

段部24の内径は、アッパープレート18が所定のはめあい公差で装着できる寸法に設定されている。アッパープレート18は、段部24に嵌合することにより位置決めされる。そして、アッパープレート18に15形成された貫通孔と、遊撃孔26、スリープ22、段部24のラジアル方向の中心が軸線上に位置するようになっている。

ベース17の周囲にはステータフレーム16が形成されている。ステータフレーム16は、ラジアル方向中央部にベース17を挿着する挿着孔が形成された凹状の部材である。ステータフレーム16は、モータ30をハードディスクドライブ装置の筐体にねじ止めなどして固定する際に用いられる。

ステータフレーム16には、複数のステータコイル4が等間隔で同心円上に配設されている。

ステータコイル4と、永久磁石3との間には間隙が設けられており、25ロータ部1が回転する際に、ステータコイル4と永久磁石3が接触しないようになっている。

図2は、回転軸フランジ10や他端部19に形成された動圧力発生溝を示した図である。

回転軸フランジ10の上端面には、スラスト方向の動圧力を発生させるための動圧力発生溝20（例えばヘリングボーン溝）が形成されている。  
5

図示しないが、回転軸フランジ10の下端面にも同様の動圧力発生溝20が形成されている。

回転軸フランジ10が回転すると、これら動圧力発生溝20によるポンプ作用によって回転軸フランジ10の両端面にスラスト方向の動圧力  
10 が生じる。

そして、発生した動圧力によって、回転軸フランジ10の両端面と、オイル11を介して対向するステータ側の面との間にスラスト方向の圧力が生じ、この両端面に生じた圧力のバランスによって、回転軸6はスラスト方向に支持される。このように、他端部19は、スラスト方向動圧力発生手段を構成している。  
15

他端部19の周面には、ラジアル方向の動圧力を発生させるための動圧力発生溝14、15（軸線方向に対して互いに異なる方向へ傾いた2段の斜線状の溝）が形成されている。

回転軸6が回転すると、動圧力発生溝14、15によるポンプ作用によって他端部19の周囲に動圧力が生じる。  
20

発生した動圧力によって、他端部19の周面と、オイル11を介して対向する遊撃孔26の内周面との間にラジアル方向の圧力を生じる。そして、この他端部19の周面に生じた圧力のバランスによって、回転軸6はラジアル方向に支持される。このように他端部19はラジアル方向動圧力発生手段を構成している。  
25

以上に説明した回転軸フランジ10で発生するスラスト方向の動圧力

## 12

と、他端部 19 で発生するラジアル方向の動圧力により、ロータ部 1 は、回転軸の周りに回転自在に軸支される。

なお、回転軸 6 の回転方向は、モータ 30 を矢線 28 方向（図 1）に見て反時計周り方向である。

5 図 3 は、モータ 30 の断面 A-A（図 1）の概略を示した図である。

モータ 30 は、極数 12、スロット数 9 の DC ブラシレスモータである。

図に示したように、モータ 30 は、回転軸 6 と同心にスリープ 22 が形成され、スリープ 22 の周囲にステータコア 39 が配設されている。

10 永久磁石 3 は、ステータコア 39 と所定の間隙を隔てて回転軸 6 と同心に配設されている。永久磁石 3 の外周面はロータフレーム 21 の内周面に固着してある。

回転軸 6 と永久磁石 3、ロータフレーム 21 は、一体となってステータコア 39 の周りを回転できるようになっている。

15 ステータコア 39 は、スリープ 22 から放射状に 9 つ突起して形成されている。それぞれ隣接するステータコア 39 の間にはスロットが形成されている。各ステータコア 39 の周囲には、図示しない励磁用の巻線が巻かれており、これらに 3 相交流が供給されて、永久磁石 3 の内周に回転磁界を生じるようになっている。

20 永久磁石 3 は、円周方向に 12 等分された磁気的な区分が形成されている。それぞれの区分は、後述するように、ステータコア 39 側からロータフレーム 21 側、あるいはロータフレーム 21 側からステータコア 39 側にラジアル方向に磁化されており、12 極の永久磁石を構成している。

25 図に示した N、S の文字は、各区分において永久磁石 3 の内周面に現れる磁極を示している。

図に示したように、永久磁石3の内周面には、円周方向にN極とS極が交互に形成されている。

ステータコア39が発生する回転磁界と、永久磁石3に形成された各磁極が相互作用し、永久磁石3に回転軸6の周りのトルクを発生させる  
5 ことができる。

永久磁石3の磁極の位置を検出して、各ステータコア39に導通する電流を適当に制御することにより、永久磁石3にトルクを発生させることができる。

次に永久磁石3の形状や磁性材料などについて説明する。

10 図4は、永久磁石3の外形及び磁極を示した図である。図4(a)は、永久磁石3を回転軸方向(図1の矢線28)から見た図であり、図4(b)は、永久磁石3を矢線28に垂直な方向から見た図である。

永久磁石3は、リング状形状を有している。永久磁石3は、12極となっており、永久磁石3には、円周方向に12等分された磁気的な区分が形成されている。各区分は、内周側から外周側あるいは外周側から内周側に向かう方向に磁化されている。そして、隣接する区分はそれぞれ磁化の方向が逆になるようになっている。

仮に、永久磁石3を16極とする場合は、永久磁石3を周方向に16等分し、磁気的な区分を16個形成する。より一般に、N極とする場合は、永久磁石3を円周方向にN等分し、各区分を、隣接する区分の磁化の方向が逆になるようにラジアル方向に磁化する。

例えば、区分33では、内周面側がN極、外周面側がS極に磁化されている。一方、区分33に隣接する区分34、35では内周側がS極、外周側がN極に磁化されている。

25 このため、内周面に沿ってN極とS極が交互に現れるようになってい る。同様に外周面に関してもN極とS極が交互に現れる。

次に、永久磁石3の内径Dと肉厚tの関係について説明する。

図4(a)に示したように、磁極ピッチをP [mm]、図4(b)に示したように、永久磁石3の内径をD [mm] ( $\leq 20$  [mm])、円環部分のラジアル方向の厚さをt [mm]、極数をNとする。

5 ただし、磁極ピッチPは、永久磁石3の内周面と外周面のラジアル方向中間に円を描き、この円の各区分に含まれる長さとする。

なお、永久磁石3の外径が20 [mm] の場合は、Dは20 [mm] 未満となる。

すると、永久磁石3の幾何学的な形状から次の式(1)が成り立つ。

10 【数1】  $N P = \pi (D + t) \dots (1)$

また、モータ用の永久磁石を設計する場合、肉厚tとピッチPの比を、交流の相数程度になるように設定すると、磁束の漏れなどが少なく性能が良好なモータが得られることが当業者の間では経験的に知られている。交流の相数をMとすると、この経験式は次の式(2)で表される。

15 【数2】  $P/t = M \dots (2)$

以上の式(1)、(2)からPを消去すると、次のtとDの関係式(3)が求められる。

【数3】  $t \leq \pi D / (NM - \pi) \dots (3)$

ここで、tは、式(3)の右辺で与えられた値以下なら良いとし、式(3)では、不等号を用いた。

また、式(2)の値の設計的なばらつきは、 $\pm 15\%$ 以内の範囲で許容される。Mのばらつきを $\pm 15\%$ 許容した場合のtの範囲は次の式(4)のようになる。

【数4】  $\pi D / (1.15 \times NM - \pi) \leq t \leq \pi D / (0.85 \times NM - \pi) \dots (4)$

更に、極数が12で9スロットの場合、P/tの上限値と下限値を以

下の式(5)のように規定することも可能である。

$$\text{【数5】 } 0.75 \times M \leq P/t \leq 2 \times M \dots \quad (5)$$

ここで、式(5)の導出過程について説明する。

図5は、ステータコア39と、永久磁石3を軸方向に見たところを示した模式図である。ただし、図5は、一例として交流の相数が3 ( $M=3$ ) の場合を図示しているが、相数が5 ( $M=5$ ) の場合など、他の相数に拡張することができる。

このうち、図5(a)は、永久磁石の厚みの上限値を説明するための模式図である。

10 永久磁石3の磁極とステータコア39の間における漏洩磁束を考えれば、永久磁石の厚みの限界は、一極分の面積と鉄心1個の歯との隙間を挟んで対向する面積比と考えて良い(永久磁石の磁束集中の飽和限界)。面積比は、 $(\pi D/12\text{極}) / (\pi D/9\text{スロット}) = 0.75$ となる。これが $P/t$ の下限値となる。

15 図5(b)は、永久磁石3の設計の中心値を説明するための模式図である。

設計上の中心値は、 $t = P/M$ が良好である。相の切り替えが磁極一極の中で、3回のスイッチング(切り替え)が行われる。漏洩磁束を考えれば $t : P/M = 1 : 1$ であれば、おおむね良好である。

20 図5(c)は、永久磁石3の厚みの下限値を説明するための模式図である。

トルクがあまり落ちないような限界を考えれば、ステータコア39の鉄心歯の永久磁石3の1極分から両側に各々はみ出た分の片方の長さと永久磁石3の厚みがほぼ同じ寸法が、厚みの下限の限度となる(磁束拡散限界)。ステータコアの外周の方向の長さが永久磁石の一極の長さより $t/2$ づつ長くするのが良い。この場合、 $P/t = 2M$ 程度である。

これが  $P_{\text{max}}$  の上限値となる。

以上のようにして求めた式(5)から、 $t$  の範囲を求めるとき次の式(6)のようになる。

$$\pi D \sqrt{(2 \times NM - \pi)} \leq t \leq \pi D \sqrt{(0.75 \times NM - \pi)}$$

5 … (6)

後述するように、永久磁石3が小型化すると、これを着磁するための着磁ヘッドも小型化する。そして、着磁ヘッドが小型化すると、これに用いる導線を細くしたり巻き回数を減らすことになるため、着磁時にアンペアターンを大きくすることが困難になり、その結果、着磁電流が制限される。特に、永久磁石3の内径が20 [mm]以下の領域では、着磁電流の制限が大きくなる。外径が20 [mm]の場合は、内径が20 [mm]以下となるので制限はより大きくなる。

また、従来からの磁性材料であるNd-Fe-Bなどでは、着磁後に大きな磁力を得るために、また着磁後の磁力を維持するために、永久磁石のラジアル方向の厚さ  $t$  を、上の式(2)よりも厚く設定していた。永久磁石の肉厚が大きくなると、着磁時により大きな磁力、即ち着磁電流が必要とされる。

これらの理由により、従来の小型の永久磁石（特に内径20 [mm]以下のもの）は、着磁ヘッドに供給できる最大の電流を用いて着磁しても、磁性材料をフル着磁することができず、そのため、磁性材料の磁気的な能力の全てを引き出している訳ではなかった。

換言すれば、着磁ヘッドの能力が永久磁石の能力を制限することとなっていた。

そこで、本実施の形態では、永久磁石3のラジアル方向の肉厚を、着磁ヘッドの能力により制限された着磁電流でフル着磁できる程度まで薄くした。

また、永久磁石3の肉厚が薄くなることにより永久磁石3の磁力が従来より弱まり、又、磁力の維持能力も低下することも考えられるが、本実施の形態では、磁性材料として、Sm-Co系の磁性材料を用いることにより、これらの問題を解決した。

5 Sm-Co系の磁性材料は、従来の等方性の磁性材料であるNd-Fe-B系のものと異なり、異方性を有しているものがある。これを用いると、後述するように、磁場配向を行うことにより、肉厚が薄くとっても十分な磁力を得ることができる。

更に、Sm-Co系磁石は、磁気モーメントのピンニング機構により、  
10 磁気モーメントが固定されているため、ピンニング機構がないNd-Fe-B系磁石に比べて、機械加工減磁、高温減磁が小さいことが知られている。

これは、Sm-Co系磁石では、磁壁がピンニングサイトによりピン止めされ、移動しにくくなっているためである。ピンニングサイトは大きさが数十[Å]程度であり、結晶粒の中に無数ある。加工ストレスやその他の外部からの力により、これら的一部が壊れたとしても大勢に影響がない。

保磁力は、磁壁を結晶内又は結晶粒界に固定することにより発揮されるため、Sm-Co系磁石は、磁壁がピン止めされることにより、高い保磁力を発揮することができる。

そのため、Sm-Co系磁石に応力などの力が作用したり、温度が上昇したりしても磁壁が移動できず、その結果、減磁しにくい構造になっている。

このように、Sm-Co系磁石は、着磁後に熱が加わったり、応力などの力が加わっても、Nd-Fe-B系磁石に比べて、磁力を保つことができるので、永久磁石3の素材としてより好ましい。

また、従来は、Sm-Co系の磁性材料が優れていることは分かっていたが、サマリウム(Sm)の価格が高かったため、使用できなかつたという一面があった。しかし、永久磁石3は、内径も小さく、ラジアル方向の肉厚も薄いため、サマリウムの使用量が少なくて済み、低価格で永久磁石3を製造することができる。

従来からロータ磁石に用いられているNd-Fe-B系ボンド磁石などの永久磁石は、小型化、薄肉化することは可能である。

しかし、従来の永久磁石を小型化、薄肉化すると減磁という問題と、多極化を実現するための着磁方法に関する問題が生じる。

そのため、小型の永久磁石としては、Nd-Fe-B系の磁性材料を用いたものよりも、Sm-Co系の磁性材料を用いたものの方が望ましい。

図6は、モータ30を構成するのに可能な永久磁石3の極数、ステータのスロット数、及びモータ30を駆動する交流の相数の組み合わせの一例を表した一覧表である。

本実施の形態では、一例として、モータ30を、永久磁石3が12極、スロット数を9、モータ30を駆動する交流の相数を3としたが、図6に示したように、各種の極数、スロット数、相数の組み合わせが可能である。

現在最も用いられているのが、永久磁石が12極、スロット数が9、交流の相数が3のものである。

図7は、等方性の磁性材料と異方性の磁性材料の加工工程の違いを説明するための図である。

なお、図7で示されている磁性材料の磁気的な構造は加工工程を説明するために模式的に示した図であつて、必ずしも現実の磁気的な物理構造を示したものではない。

図7(a)は、等方性の磁性材料の加工工程を説明するための模式図

である。従来から多用されている Nd-Fe-B 系の磁性材料は等方性の磁性材料である。磁性材料は、磁気モーメントを持った原子が含まれており、これら磁気モーメントの向きをそろえることにより磁力を發揮させることができる。

5 等方性の磁性材料は、着磁前は材料内の磁気モーメントの向きがランダムであり、これを着磁（外部から磁界を作用させて磁気モーメントの向きをそろえる）して磁石を形成する。

図 7 (a) の左側の図は着磁前の材料中の磁気モーメントの向きを模式的に表したものである。各磁気モーメントの向きは矢印で表してある。

10 図に示したように、着磁前では磁気モーメントの向きがランダムである。この磁性材料は、一般に粉末状であり、これを型にはめて熱処理して焼結したり、あるいは樹脂（ボンド）と共に熱処理して樹脂成形や圧縮成型することにより成形される。

次に、成形された着磁前の磁石を機械加工して外寸を整えた後、これを着磁装置で着磁する。

15 着磁後に機械加工を行うと、切削片が磁石に吸引して仕上がりが悪くなるため、一般的には、機械加工後に着磁している。

図 7 (b) は、異方性の磁性材料を説明するための模式図である。本実施の形態で用いた Sm-Co 系の磁性材料は異方性を有している。

20 着磁前の異方性を持った磁性材料は、磁気モーメントが揃った領域（組織）が集まって構成されている。図中では磁気モーメントが揃った領域を 3 つ模式的に表し、他の領域は省略している。

このように異方性を持った磁性材料は、磁場配向を行った後、着磁すると強力な磁界を発生することが知られている。

25 磁場配向とは、着磁して多極化する前に、素材を予め一方向に着磁し、磁気モーメントの方向を揃えておくことである。

異方性をもつ磁性材料からは、以下の行程により永久磁石が製造される。

まず、粉末状の異方性磁性材料を所定の型に入れて（焼結する場合は粉末のまま、樹脂成形する場合は樹脂と共に型に入れる）おおよその形 5 を形成する。この際に、型に入れたまま例えは 7 トン程度の圧力をかけて材料を圧縮し、加熱するとより磁性材料の密度が高まり、より強い磁力をもつ磁石をつくることができる。

以下の熱処理して固化するまでの行程は型に入れたまま行われる。

次に、型に入れた磁性材料に一定の方向の磁界を作用させ、磁場配向 10 により、磁気モーメントの方向を一方向にそろえる。この時点で、磁性材料は弱いながら磁気を帯びる。

なお、上では磁性材料を粉末のままで磁場配向を行うので乾式と呼ばれており、磁場配向にはこの他に、粉末を液体に浸して磁場配向を行う湿式がある。

15 次に、磁場配向した磁性材料に交流磁場などを作用させて消磁する。消磁することにより、磁性材料の磁気の方向を保ったまま磁気を帯びないようにすることができる。これは、消磁前には、N極とS極が同じ方向に形成されていたのに対し、消磁後には、磁気の方向を保ったままN極とS極がランダムに配置されるためである。

20 つぎに、これを熱処理して樹脂成形、又は焼結などを行い固化して、着磁前の永久磁石が形成される。

次に、固化した磁性材料を型から取り出す。そして、これを機械加工して外寸を整えた後、着磁装置にて着磁する。着磁前の永久磁石は消磁により磁気を帶びていないので、機械加工中に、切削片が吸着するトラブルを防止することができる。

永久磁石 3 を製造する場合は、Sm-Co 系の磁性材料を型に入れ、図

7 (c) の左の図のようにおおよその形を作った後、これを例えば、内側がN極、外側がS極となるように、一定方向に磁場配向を行う。

次に、これを消磁して磁気を帯びないようにした後、熱処理して樹脂成形又は焼結などしてリング形状に成形する。

5 次に、これを機械加工して外寸を整えた後、着磁装置にて、所定の極数に着磁する。

次に、永久磁石3の着磁について説明する。

図8は、永久磁石3を磁場配向装置の軸線方向の断面を模式的に表した図である。磁場配向装置は、円柱形状の鉄心41と磁気回路40及び10電源装置42などから構成されている。

鉄心41の上部の周囲には、磁気回路40との間に隙間が設けてあり、この隙間に永久磁石3を装着することができるようになっている。

15 鉄心41には、巻線43が施してある。そして、巻線43には電源装置42からパルス上の大電流を供給できるようになっている。巻線43に電流を流すと、鉄心41、磁気回路40に磁力線が生じる。そして、磁気回路40と鉄心41の隙間に発生した磁界により、永久磁石3が一方向に磁化される。

20 このように、永久磁石3が小型になるにつれ、磁場配向装置を小型化する必要がある。これに伴い巻線43に大電流を供給するのが困難になってくるが、永久磁石3は、肉厚tが制限されており厚くないため、少ない電流によっても磁気飽和、あるいは磁気飽和付近まで、磁化することが可能である。

図9(a)は、着磁ヘッド46の構造の軸線方向断面を模式的に示した図である。

25 着磁ヘッド46は、円柱形状を有しており、周囲には複数の溝48が軸線方向に形成されている。着磁ヘッド46の周囲には溝48によって

## 22

隔てられたコア 4 9 が、永久磁石 3 の極数だけ等間隔に形成される。

これら溝 4 8 の中には、それぞれ、導線 4 7 が配設されている。なお、図 9 (a) では、導線 4 7 は 2 回ずつ溝 4 8 内に巻装してあるが、巻装数は 1 回～4 回程度が一般的である。

5 図 9 (b) は、着磁ヘッド 4 6 を図 9 (a) の矢線 B 方向に見たところを模式的に示した図である。

図に示したように、導線 4 7 は、コア 4 9 の周囲を蛇行するように配設されている。

このため、導線 4 7 に直流電流を供給すると隣接するコア 4 9 に励磁 10 される磁極がそれ逆となる。

着磁ヘッド 4 6 の周囲に磁場配向された永久磁石 3 を配置して導線 4 7 に直流電流を供給すると、永久磁石 3 は、コア 4 9 によって発生した磁界により所望の極数に磁化される。

15 着磁ヘッド 4 6 はこのような構造に構成されているため、永久磁石 3 が小型化、更に多極化すると、着磁ヘッド 4 6 に装着する導線 4 7 が細くなり、大電流を流すことが困難になる。

しかし、本実施の形態の永久磁石 3 は、肉厚  $t$  を所定の範囲内に制限しているため、少ない電流でも磁気飽和、あるいは磁気飽和付近まで永久磁石 3 を磁化することができる。また、Sm-Co 系の磁性材料を使用 20 しているため、肉厚  $t$  が式 (3) の範囲内にあっても永久磁石 3 は安定して十分な磁力を発生することができる。

25 図 10 は、Nd-Fe-B 系の磁性材料である Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>B と、Sm-Co 系の磁性材料である Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub>、SmCo<sub>5</sub> で構成したモータ装置用の永久磁石の加工による磁気特性(残留磁束密度の特性)の低下を、各種実験の結果より推定したグラフである。

なお、Sm<sub>2</sub>Co<sub>17</sub> は、異方性の磁性材料であり、SmCo<sub>5</sub> は等方性

の磁性材料である。

図10は、横軸に永久磁石のラジアル方向の厚さをとり、縦軸に残留磁束密度が低下した割合を%にて表している。

図に示したように、厚さが2 [mm] 程度以上の場合は、Nd2Fe14Bによる永久磁石とSm2Co17、SmCo5による永久磁石に特に差はない。

しかし、厚さが2 [mm] 以下になると、Nd2Fe14Bによる永久磁石は急激に残留磁束密度が低下し、厚さが1 [mm] 程度では、10%程度低下している。

これに対し、Sm2Co17、SmCo5による永久磁石は、厚さが薄くなっても残留磁束密度がほとんど低下しない。厚さが0.5 [mm] 以下の領域では、等方性の磁性材料であるSmCo5で構成した永久磁石の残留磁束密度は低下するが、異方性の磁性材料であるSm2Co17で構成した永久磁石の残留磁束密度は低下しないと推定される。

これらの推定結果から、肉厚が2 [mm] 以下の領域では、Nd-Fe-B系の磁性材料より、Sm-Co系の磁性材料で構成した永久磁石の方が残留磁束密度に関して優れており、特に、Sm-Co系の磁性材料のうち異方性のもので構成した永久磁石の特性が優れていることが推定される。

図1-1は、Nd-Fe-B系の磁性材料であるNd2Fe14Bと、Sm-Co系の磁性材料であるSm2Co17、SmCo5で構成したモータ装置用の永久磁石の加工による磁気特性（最大エネルギー積）の低下を、各種実験の結果より推定したグラフである。

図1-1は、横軸に永久磁石のラジアル方向の厚さをとり、縦軸にエネルギー積が低下した割合を%にて表している。

図に示したように、厚さが2 [mm] 程度以上の場合は、Nd2Fe14

Bによる永久磁石と Sm<sub>2</sub>C<sub>17</sub>、SmCo<sub>5</sub>による永久磁石に特に差はない。

しかし、厚さが 2 [mm] 以下になると、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bによる永久磁石は急激にエネルギー積が低下し、厚さが 1 [mm] 程度では、30% 5 程度低下している。

これに対し、Sm<sub>2</sub>C<sub>17</sub>、SmCo<sub>5</sub>による永久磁石は、厚さが薄くなってもエネルギー積がほとんど低下しない。厚さが 0.5 [mm] 以下 10 の領域では、等方性の磁性材料である SmCo<sub>5</sub> で構成した永久磁石のエネルギー積は低下するが、異方性の磁性材料である Sm<sub>2</sub>C<sub>17</sub> で構成した永久磁石のエネルギー積は低下しないと推定される。

これらの推定結果から、肉厚が 2 [mm] 以下の領域では、Nd-F 15 e-B 系の磁性材料より、Sm-C<sub>o</sub> 系の磁性材料で構成した永久磁石の方がエネルギー積の点で優れており、特に、Sm-C<sub>o</sub> 系の磁性材料のうち異方性のもので構成した永久磁石の特性が優れていることが推定される。

モータ用の永久磁石を製造する場合、通常は、磁性材料を着磁して永久磁石とした後、研磨加工や切削加工を行い、永久磁石の外寸を整える。以上の考察を考慮すると、この場合、永久磁石の肉厚が 2 [mm] 以下となる領域では、Nd-F e-B 系の永久磁石より Sm-C<sub>o</sub> 系の磁石、 20 特に異方性の Sm-C<sub>o</sub> 系の磁石を用いるのが望ましいことがわかる。

図 12 は、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bによる永久磁石と、Sm<sub>2</sub>C<sub>17</sub>による永久磁石の温度による減磁率をプロットしたグラフである。

図 12 から明らかなように、100 [°C] 程度までは、両者とも減磁率は数%の程度である。しかし、100 [°C] 以上の領域では、Nd<sub>2</sub>Fe<sub>14</sub>Bによる永久磁石は、減磁率が急激に大きくなり、200 [°C] 付近では 80% 以上減磁してしまうのに対し、Sm<sub>2</sub>C<sub>17</sub>による永久

## 25

磁石は、200 [°C] 付近でも減磁率が20%程度にとどまっている。

このように、Sm-Co系の永久磁石は、Nd-Fe-B系の永久磁石より熱による磁気特性の変化が小さいことが期待できる。

以上、図10～図12では、磁性材料としてNd2Fe14Bを用いて説明したが、例えば(NdDy)2Fe14Bなどの、これに類似の磁性材料を用いても同様の結果が得られる。

以上に説明した本実施の形態は、以下に示した(1)モータ装置用永久磁石、(2)モータ装置、(3)着磁方法を提供することができる。

(1) モータ装置のロータに配設されるモータ装置用永久磁石であって、前記モータ装置用永久磁石は、磁場配向後にラジアル方向に磁化され、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成された、外径が20 [mm] 以下の円筒形状を有する異方性のSm-Co系磁性材料から構成されていることを特徴とするモータ装置用永久磁石を提供することができる。

また、モータ装置のロータに配設される円筒状のモータ装置用永久磁石であって、前記モータ装置用永久磁石は、異方性を有するSm-Co系磁性材料から構成されており、磁場配向後にラジアル方向に磁化され、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成されており、前記モータ装置用永久磁石の内径をD、径方向の肉厚をt、前記区分の数をN、前記モータ装置を駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [mm] 以下で、前記tが  $t \leq \pi D / (NM - \pi)$  となるよう設定されていることを特徴とするモータ装置用永久磁石を提供することができる。

(2) 全周に渡って円筒状の永久磁石が配設された回転対称体と、前記回転対称体の軸線上に配設された回転軸と、を備えたロータ部と、前記永久磁石の内周に、前記永久磁石と対向して、相数Mの交流により励

## 26

磁可能な複数のステータコイルが配設されたステータ部と、前記回転軸を前記ステータ部に、前記回転対称体と前記ステータコイルが同心となるように回転自在に軸支する軸受部と、を具備したモータ装置であって、前記永久磁石は、磁場配向後にラジアル方向に磁化され、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成された、外径が 20 [mm] 以下の円筒形状を有する異方性の Sm-Co 系磁性材料から構成されていることを特徴とするモータ装置を提供することができる。

(3) 外径が 20 [mm] 以下の円筒形状を有する異方性の Sm-Co 系磁性材料を用いたモータ装置用永久磁石の製造方法であって、前記磁性材料を型に入れて形成する形成ステップと、前記形成した磁性材料に対して磁場配向を行う磁場配向ステップと、前記磁場配向を行った磁性材料を消磁する消磁ステップと、前記消磁した磁性材料を熱処理して固化する熱処理ステップと、前記熱処理した前記磁性材料を外径が 20 [mm] 以下の円筒形状になるように機械加工する機械加工ステップと、前記機械加工した磁性材料を、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成されるように所定の極数にラジアル方向に着磁する着磁ステップと、から構成されたことを特徴とするモータ装置用永久磁石の製造方法を提供することができる。

また、型に入れて形成する形成ステップは、前記 Sm-Co 系磁性材料を型に入れて圧縮する圧縮ステップと、前記圧縮した磁性材料を型に入れたまま加熱する加熱ステップを用いて構成することも可能である。

## 産業上の利用可能性

以上に説明した本実施の形態により以下のような効果を得ることができる。

(1) Sm-Co 系の磁性材料を用いることにより、経時変化及び温度変

化に対して安定したモータ特性が得られる。

(2) 多極化を図ることにより、動圧モータの場合で特に問題になる磁気振動音（ピュアトーン）を低減することができる。

(3) 式(3)を用いることにより、多極化のモータ磁気回路設計が可能になる。

(4) 着磁電流が着磁ヘッドに無理のない範囲で流せるので、磁石の着磁用ヘッド治工具が長持ちし、その結果、磁石着磁後の品質が安定する。

(5) 多極化を図ることによりコギングが小さくなる

以上、本発明の1実施形態について説明したが、本発明は説明した実施形態に限定されるものではなく、各請求項に記載した範囲において各種の変形を行うことが可能である。

例えば、以上に説明したモータ30は、ロータ部がステータ部の外側に配設されたアウターロータ型のモータであるが、これはモータの種類をこれに限定するものではなく、インナーロータ型のモータとすることもできる。

インナーロータ型のモータの場合は、永久磁石を固着したロータ部の外周にステータ部が配設されており、その結果、永久磁石の周囲に複数のステータコイルが等間隔で配設される。

本発明によれば、小型で性能が良好なモータ装置を提供することができる。

## 請求の範囲

1. モータ装置のロータに配設される円筒状のモータ装置用永久磁石であって、

5 前記モータ装置用永久磁石は、ラジアル方向に磁化され、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成されており、

前記モータ装置用永久磁石の内径をD、径方向の肉厚をt、前記区分の数をN、前記モータ装置を駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [mm] 以下で、前記tが $t \leq \pi D / (NM - \pi)$ となるように設定されていることを特徴とするモータ装置用永久磁石。

10 2. 前記モータ装置用永久磁石はSm-Co系の磁性材料で構成されていることを特徴とする請求項1に記載のモータ装置用永久磁石。

3. 全周に渡って円筒状の永久磁石が配設された回転対称体と、前記回転対称体の軸線上に配設された回転軸と、を備えたロータ部と、

15 前記永久磁石の内周又は外周に、前記永久磁石と対向して、相数Mの交流により励磁可能な複数のステータコイルが配設されたステータ部と、前記回転軸を前記ステータ部に、前記回転対称体と前記ステータコイルが同心となるように回転自在に軸支する軸受部と、

を具備したモータ装置であって、

20 前記永久磁石は、ラジアル方向に磁化され、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成されており、

前記永久磁石の内径をD、径方向の肉厚をt、前記区分の数をN、前記モータを駆動する交流電流の相数をMとした場合、前記Dが20 [mm] 以下で、前記tが $t \leq \pi D / (NM - \pi)$ となるように設定されていることを特徴とするモータ装置。

25 4. 前記永久磁石はSm-Co系の磁性材料で構成されていることを特

徴とする請求項 3 に記載のモータ装置。

5. モータ装置のロータに配設される円筒状の永久磁石を、ラジアル方向に磁化され、磁化の方向が揃えられた区分が円周方向に等間隔に形成されるように着磁する着磁方法であり、

5 前記永久磁石は、前記永久磁石の内径を D、径方向の肉厚を t、極数を N、前記モータ装置を駆動する交流電流の相数を M とした場合、前記 D が 20 [mm] 以下で、前記 t が  $t \leq \pi D / (NM - \pi)$  となるよう構成されており、

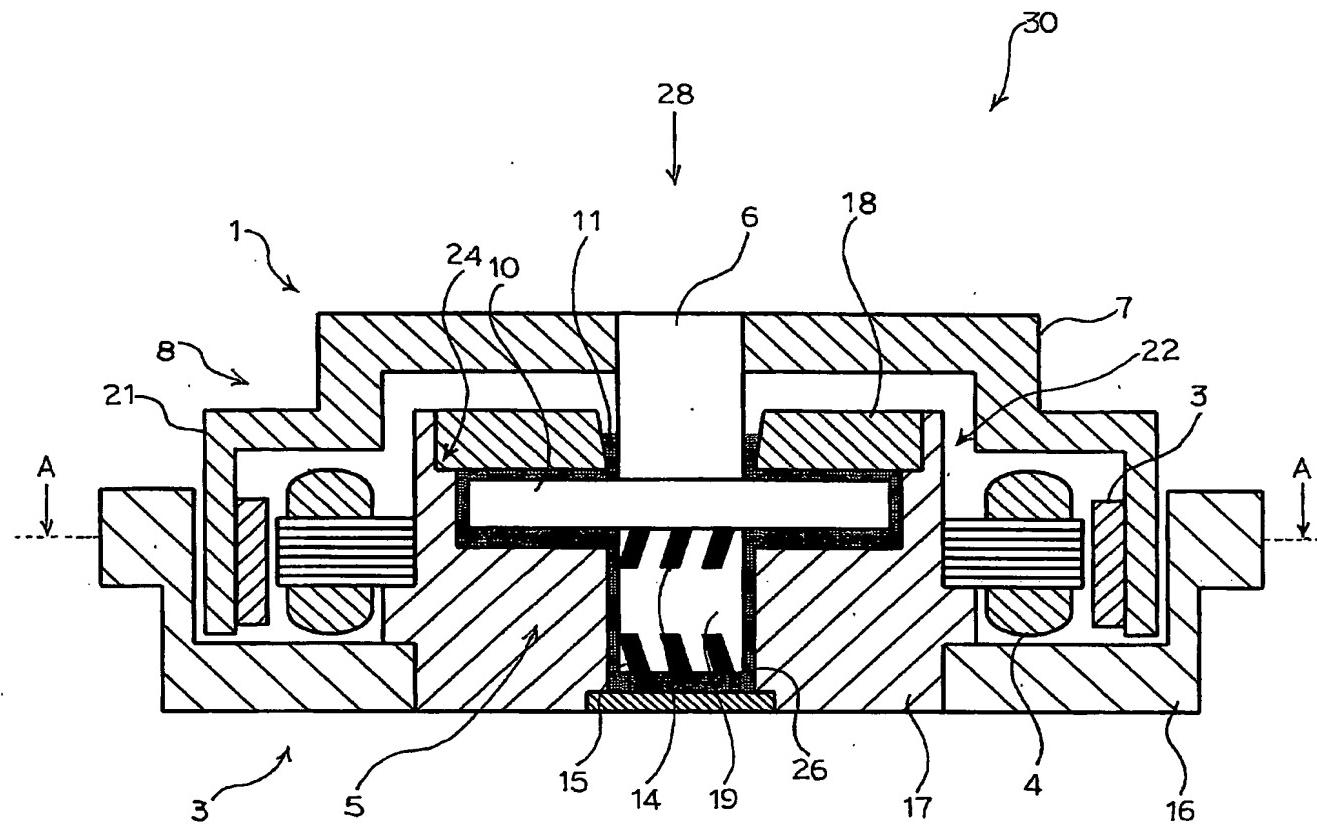
前記永久磁石をラジアル方向の一方向に着磁する一方向着磁ステップ  
10 と、

前記一方向着磁ステップで一方向に着磁した永久磁石を、ラジアル方向に等間隔で磁化の方向が反転する区分に着磁する極着磁ステップと、  
から構成されたことを特徴とする着磁方法。

6. 前記永久磁石は Sm-Co 系の磁性材料で構成されていることを特  
15 徴とする請求項 5 に記載の着磁方法。

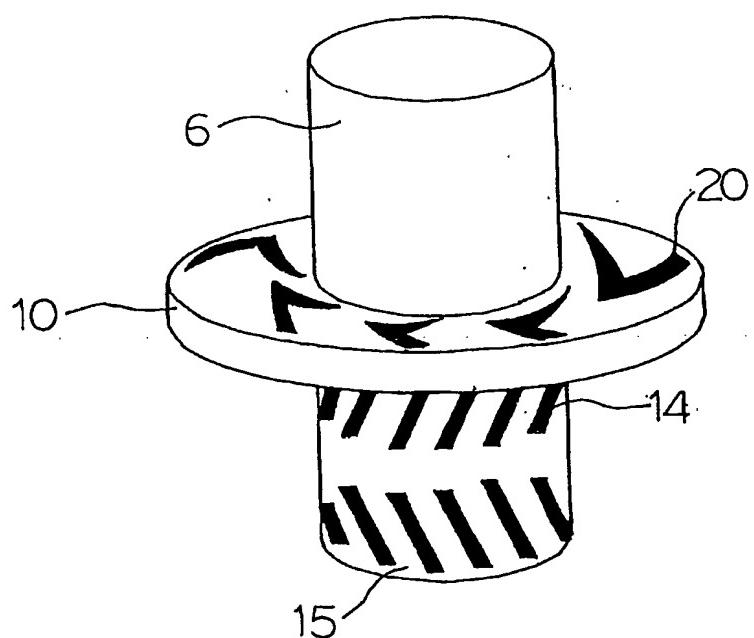
1 / 1 2

【図 1】



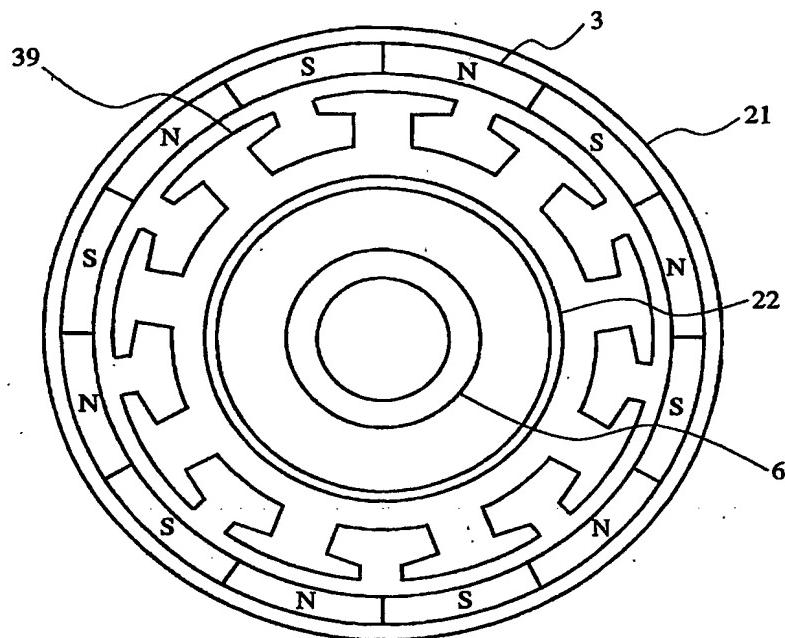
2 / 1 2

【図 2】



3 / 1 2

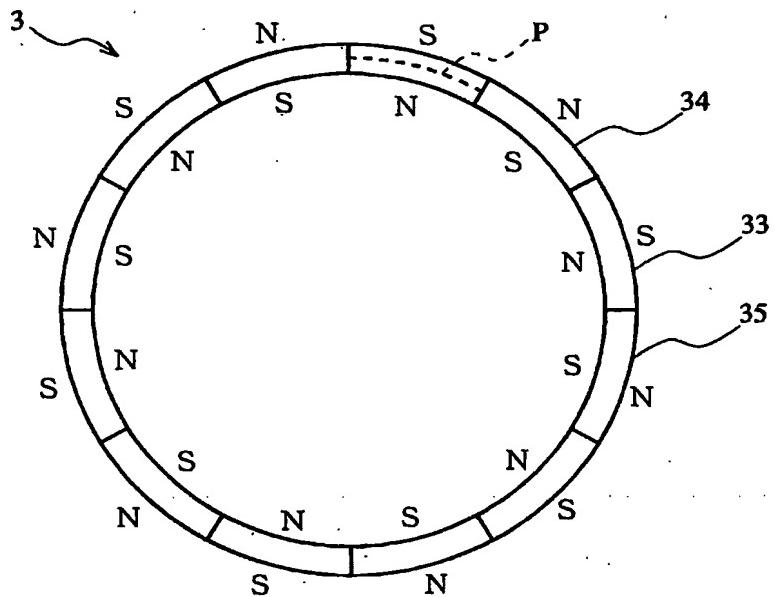
【図3】



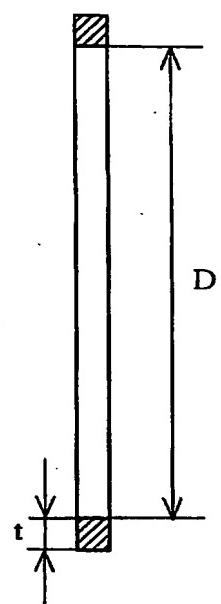
4 / 1 2

【図4】

(a)



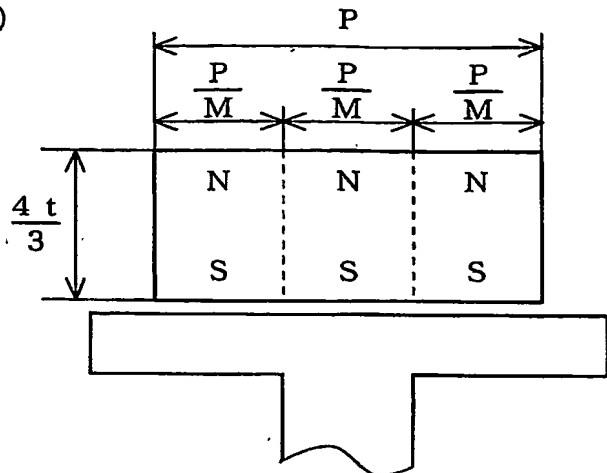
(b)



5 / 1 2

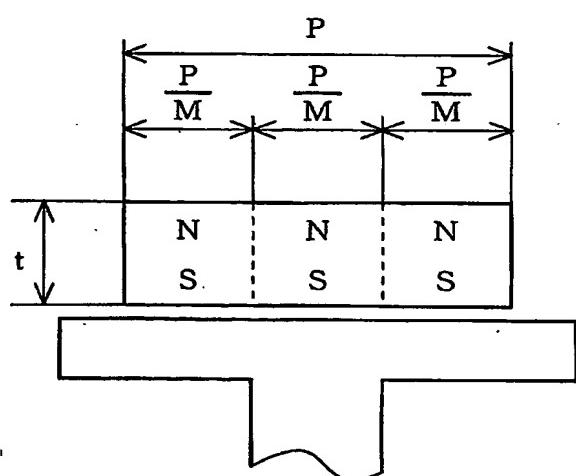
【図 5】

( a )



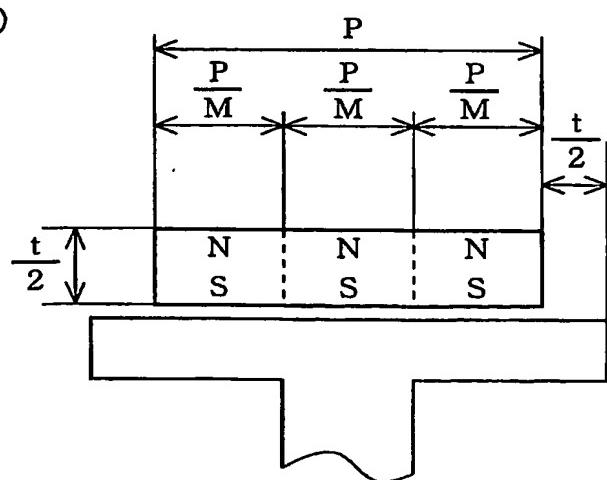
相数M= 3

( b )



相数M= 3

( c )



相数M= 3

6 / 1 2

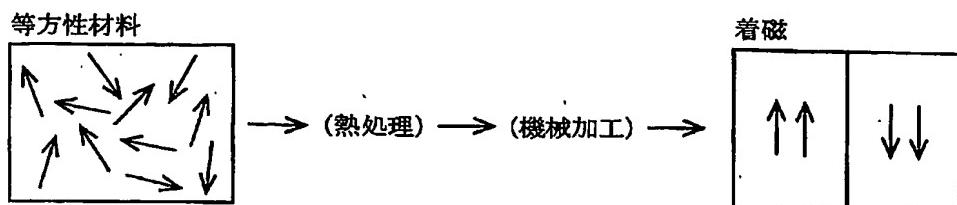
【図 6】

電気的 相数	3	ロータ磁石の極数	2	4	4	8	6	12	8	16	10	20
		ステータのスロット数	3	3	6	6	9	9	12	12	15	15
	5	ロータ磁石の極数	—	4	6	8	12	12	18	16	24	—
		ステータのスロット数	—	5	5	10	10	15	15	20	20	—

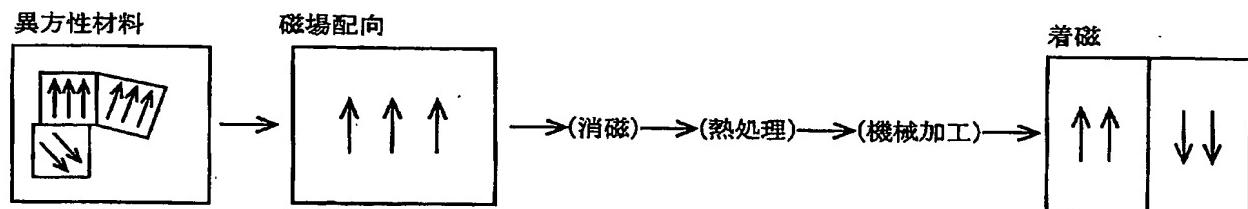
7 / 12

【図7】

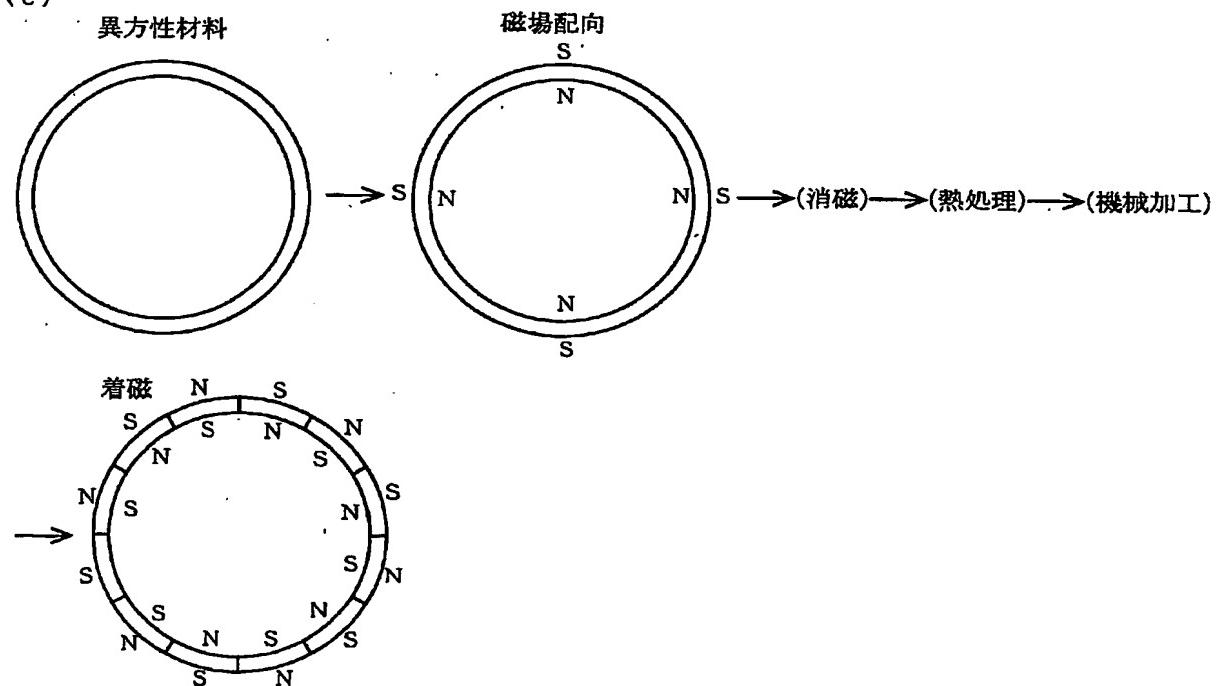
(a)



(b)

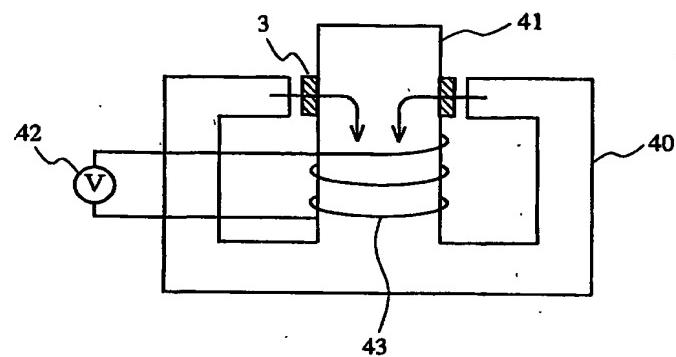


(c)



8 / 1 2

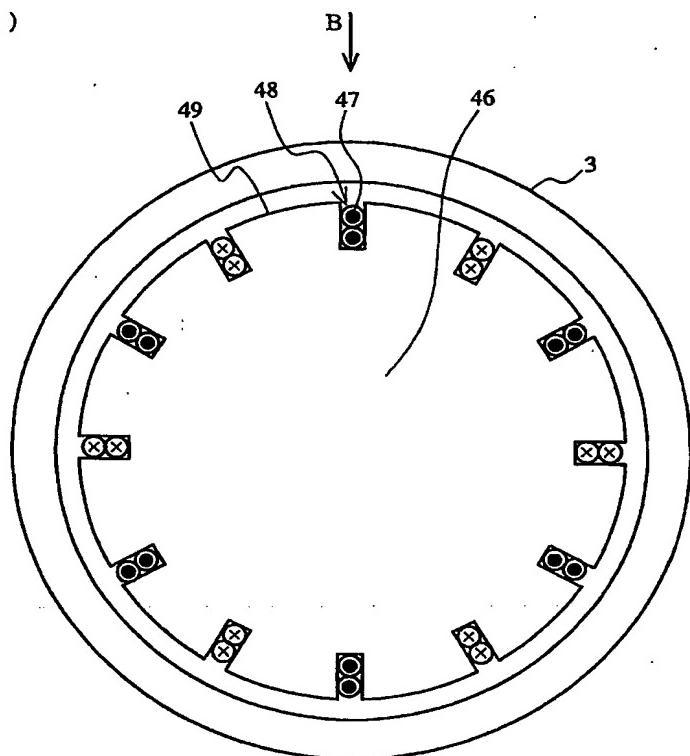
【図8】



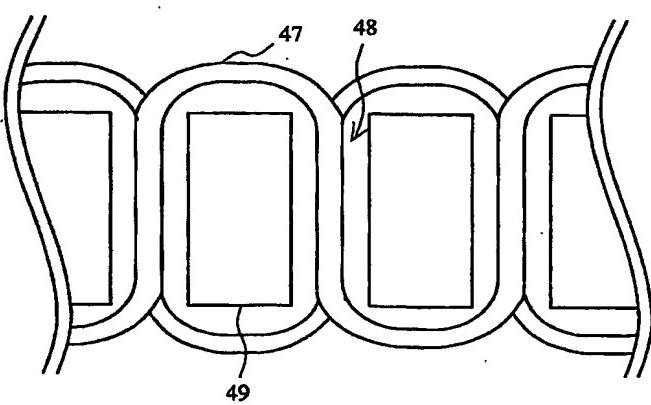
9 / 1 2

【図 9】

(a)

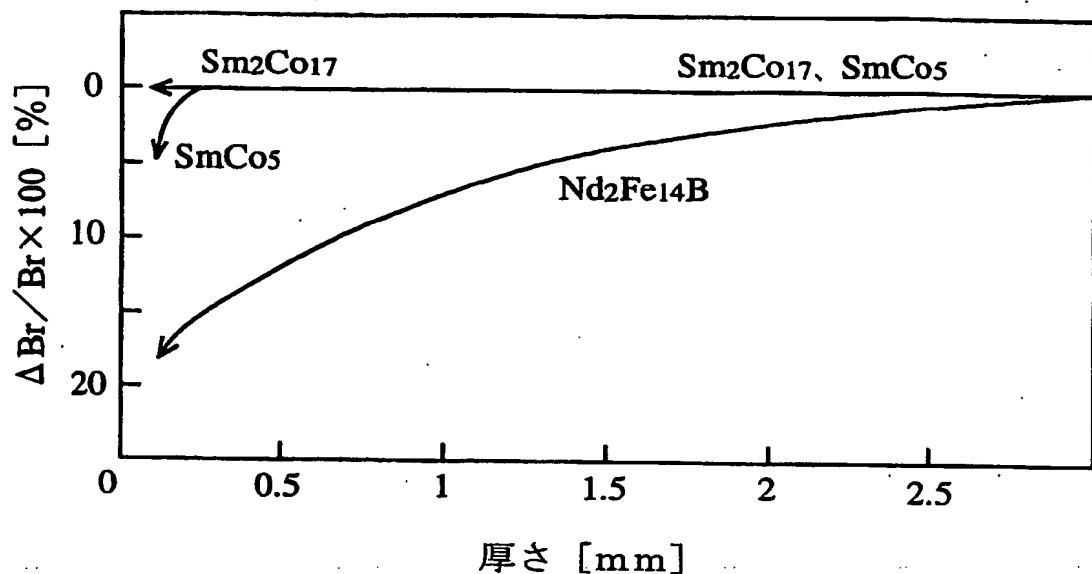
B  
↓

(b)



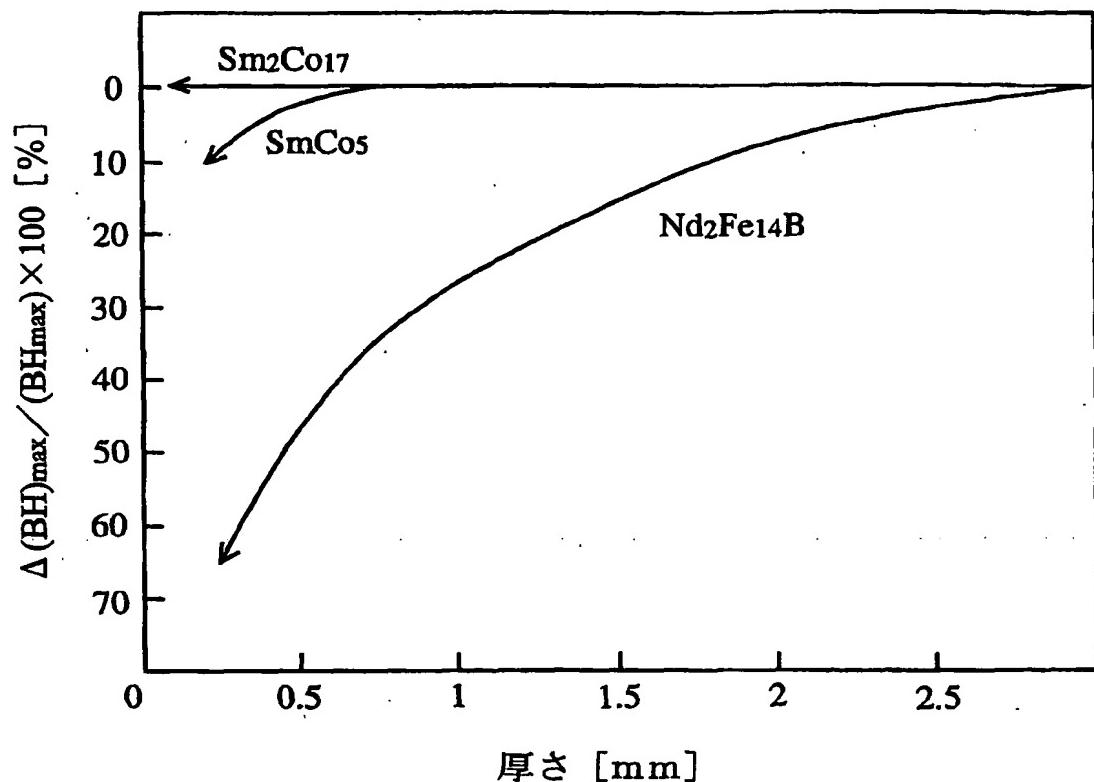
10 / 12

【図10】



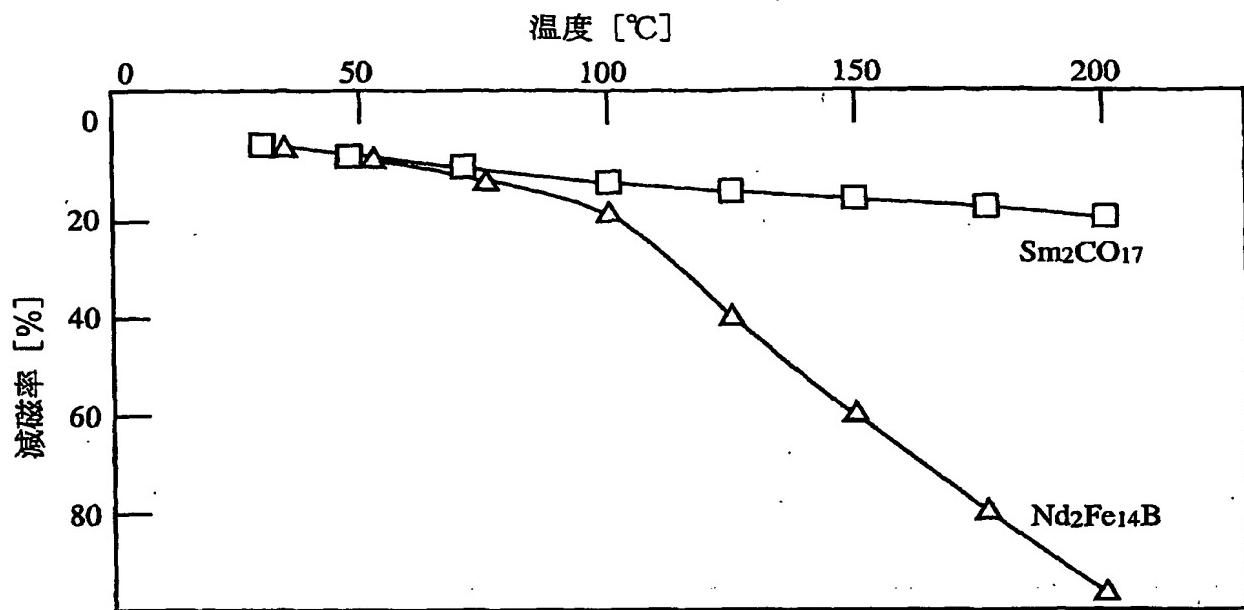
11 / 12

【図11】



12/12

【図12】



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP03/12455

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

Int.Cl<sup>7</sup> H02K15/03, H02K1/27, H01F7/02, H01F13/00

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

Int.Cl<sup>7</sup> H02K15/03, H02K1/27, H01F7/02, H01F13/00

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1926-1996	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2003
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2003	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2003

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 11-103564 A (Aichi Steel Works Ltd.), 13 April, 1999 (13.04.99), Par. Nos. [0018] to [0027]; Fig. 1 (Family: none)	1-6
Y	EP 0801455 A2 (MINEBEA CO., LTD.), 15 October, 1997 (15.10.97), Column 1, lines 9 to 15 & JP 9-285093 A Par. No. [0002] & US 005777415 A1 & CN 001166073 A	1-6

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "&" document member of the same patent family
---	--

Date of the actual completion of the international search  
03 December, 2003 (03.12.03)Date of mailing of the international search report  
16 December, 2003 (16.12.03)Name and mailing address of the ISA/  
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

## A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' H02K 15/03, H02K 1/27,  
H01F 7/02, H01F 13/00

## B. 調査を行った分野

## 調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (IPC))

Int. C1' H02K 15/03, H02K 1/27,  
H01F 7/02, H01F 13/00

## 最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1926-1996
日本国公開実用新案公報	1971-2003
日本国登録実用新案公報	1994-2003
日本国実用新案登録公報	1996-2003

## 国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

## C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求の範囲の番号
Y	JP 11-103564 A (愛知製鋼株式会社), 1999.04.13, 段落【0018】-【0027】, 第1図 (ファミリーなし)	1-6
Y	EP 0801455 A2 (MINEBEA CO., LTD), 1997.10.15, 第1欄9行-15行, & JP 9-285093 A, 段落【0002】, & US 005777415 A1, & CN 001166073 A	1-6

 C欄の続きにも文献が列挙されている。 パテントファミリーに関する別紙を参照。

## \* 引用文献のカテゴリー

- 「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
- 「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
- 「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す）
- 「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
- 「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

国際調査を完了した日 03.12.03

国際調査報告の発送日

16.12.03

国際調査機関の名称及びあて先  
日本国特許庁 (ISA/JP)  
郵便番号100-8915  
東京都千代田区霞が関三丁目4番3号

特許庁審査官 (権限のある職員)  
野村 亨 印 3V 3018

電話番号 03-3581-1101 内線 3356